تأثير الري بمياه مختلفة الملوحة على النمو الخضري لشتلات المانجو (*Mangifera indica* L.) صنف "تيمور" في محافظة إب، اليمن

أمل عبدالحكيم أحمد* [1] وعبدالرقيب علي [1] ونجيب محمد[2]

1. قسم البستنه وتقاناتها، كلية الزراعة والأغذية والبيئة، جامعة صنعاء، صنعاء، اليمن.

2.قسم الأراضي والمياه والبيئة، كلية الزراعة والأغذية والبيئة، جامعة صنعاء، اليمن.

(*للمراسلة: أمل عبدالحكيم أحمد، البريد الإلكتروني:alshadadi99@gmail.com).

تاريخ الاستلام: 23/ 09/ 2025 **تاريخ القبول:** 15/ 01/ 2026

الملخّص

أُجريت هذه الدراسة لتقييم تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري (0.75 (شاهد)، 2.99، 5.3، 7.5 ديسي سيمنز.م$^{-1}$) على النمو الخضري لشتلات المانجو (*Mangifera indica* L.) صنف "تيمور" لمدة 90 يومًا. نُفذت التجربة تحت ظروف النفق البلاستيكي في محافظة إب، اليمن، باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بأربعة مكررات. أظهرت النتائج فروقًا معنوية ($p < 0.05$) بين مستويات الملوحة في الصفات المدروسة (طول الساق، عدد الأوراق، والمساحة الورقية). سجلت معاملة 2.99 ديسي سيمنز.م$^{-1}$ أعلى زيادة في طول الساق (32.5%)، بينما أعطت معاملة الشاهد (0.75 ديسي سيمنز.م$^{-1}$) أعلى متوسط لعدد الأوراق (9.8 ورقة/شتلة) والمساحة الورقية (32.79 سم^2). أدت الملوحة العالية (≥ 5.3 ديسي سيمنز.م$^{-1}$) إلى انخفاض معنوي في جميع صفات النمو الخضري المقاسة. بشكل عام، أظهرت الشتلات تحملاً عند المستويات المنخفضة والمتوسطة، بينما تأثرت سلبًا بالتركيزات الأعلى.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، شتلات المانجو، النمو الخضري، مياه الري، صنف تيمور.

المقدمة:

تشكل الملوحة أحد أهم الإجهادات اللاحيوية التي تحد من الإنتاجية الزراعية على مستوى العالم، إذ تعاني أكثر من 20% من الأراضي المروية من تراكيز أملاح عالية نتيجة الممارسات الزراعية غير المستدامة (Zhu and Gong, 2014). وتؤثر الملوحة سلبًا على النبات من خلال خلق إجهاد تناضحي يعيق امتصاص الماء، إضافة إلى السمية الأيونية، لا سيما أيونات الصوديوم (Na^+) والكلوريد (Cl^-)، مما يؤدي إلى اختلال التوازن الغذائي وتضرر البنى الخلوية. وتظهر هذه الآثار على شكل تقزم في النمو، احتراق الأوراق، وانخفاض المحصول (Munns & Tester,2008)/ (Grieve et al., 2012). تنتمي شجرة المانجو (Mangifera indica L.) إلى العائلة الفستقية (Anacardiaceae)، وتُعد من أهم أشجار الفاكهة الاستوائية وشبه الاستوائية ذات القيمة الاقتصادية والتغذوية العالية (UNCTAD, 2016). وتحتل المانجو مكانة متقدمة في الاقتصاد الزراعي اليمني، خاصة في محافظات لحج، حجة، والحديدة .ومع ذلك، تواجه الإنتاجية المحلية تحديات عديدة، يأتي في مقدمتها تدهور خصوبة التربة وانتشار الملوحة (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2022). تصنف المانجو عامةً كأشجار ذات حساسية متوسطة إلى عالية للإجهاد الملحي (Yamaguchi and Blumwald, 2005)، وتعد مرحلة البادرة من أكثر المراحل حساسية لتأثير الملوحة على النمو الخضري والتأسيس الأولي (Chavarria and Santos, 2012). إذ يؤثر الإجهاد الملحي سلبًا على صفات النمو مثل طول الساق وقطرها وعدد الأوراق والمساحة الورقية، من خلال تأثيره المباشر على التوازن المائي والغذائي واستطالة الخلايا

(Isayenkov and Maathuis, 2019) وأظهرت الدراسات أن ارتفاع مستويات الملوحة يؤدي إلى تدهور واضح في مؤشرات النمو الخضري، مع اختلاف درجة التأثر حسب النوع والصنف ومستوى الملوحة (Negrão et al.,2017) وعلى الرغم من التباين المعروف في استجابة الأصناف للملوحة(Samson, 1991)، تبقى المعلومات حول تحمل الأصناف اليمنية المهمة مثل "تيمور" محدودة. ونظرًا لأهمية هذه الصفات الخضرية في تقييم تأثير الملوحة على الشتلات، هدفت هذه الدراسة إلى:

1. تقييم تأثير الري بمياه مختلفة الملوحة (0.75، 2.99، 5.3، 7.5 ديسي سيمنز.م$^{-1}$) على النمو الخضري لشتلات المانجو صنف "تيمور"، شاملاً طول وقطر الساق، عدد وطول الأفرع، عدد الأوراق والمساحة الورقية.
2. تحديد المستويات الحرجة من ملوحة مياه الري التي يبدأ عندها التأثير السلبي المعنوي على نمو الشتلات.

مواد البحث وطرائقه:

موقع التجربة والظروف المناخية: نُفذت التجربة خلال الموسم الزراعي 2023 لمدة 90 يومًا (من مايو إلى أغسطس) تحت ظروف النفق البلاستيكي في محافظة إب، اليمن، التي تقع بين خطي عرض 13–75 شمالًا وخطي طول 43–45 شرقًا. سجّل متوسط درجة الحرارة داخل النفق 26م° ومتوسط الرطوبة النسبية 57% خلال فترة التجربة.

المادة النباتية وإعدادها: استخدمت في التجربة شتلات مانجو (*Mangifera indica* L.) صنف "تيمور" بعمر سنة ونصف، تم الحصول عليها من مشتل مكتب الزراعة والري بمحافظة إب. تم اختيار 32 شتلة متجانسة في الحجم والحالة الصحية، ونُقلت إلى أصص بلاستيكية بسعة 5 كجم، وملئت كل أصيص بـ 5 كجم من وسط زراعي مكون من تربة طينية ورمل نقي بنسبة 2:1 على التوالي.

بعد النقل، رويت الشتلات مباشرة بالماء العادي المأخوذ من آبار محلية (ملوحة 0.75 ديسي سيمينز•م$^{-1}$) ووضعت في النفق البلاستيكي لفترة التأقلم قبل بدء التجربة.

تحليل وسط النمو (التربة): قبل بدء التجربة، أخذت عينات من وسط النمو (التربة المستخدمة) وتم تحليلها في مختبر قسم الأراضي والمياه والبيئة/ كلية الزراعة والأغذية والبيئة، جامعة صنعاء، لتقدير بعض الخصائص الكيميائية. وكانت النتائج كما وردت في الجدول (1).

الجدول (1): التحليل الكيميائي للتربة قبل الزراعة

الاختبارات	الرمز	النتائج	الوحدة
درجة التفاعل لمستخلص التربة	pH	7.98	-
التوصيل الكهربائي	EC	0.36	$ds.m^{-1}$
قوم التربة	-	SL	-
النتروجين الكلي	N	0.027	**%**
الزنك الميسر	Zn	0.53	ppm
المادة العضوية	O.M	0.687	%
البيكربونات	HCO_3^-	2.5	meq/L
الكالسيوم الذائب	Ca^{+2}	5	meq/L
الكلورايد الذائب	Cl^-	5.13	meq/L
البوتاسيوم الذائب	K^+	0.33	ppm
الصوديوم الذائب	Na^+	0.88	meq/L
الكبريت الذائب	$SO4^{-2}$	0.39	meq/L
الفوسفور الميسر	P_2O_5	6.96	ppm

*القيم ناتجة عن متوسط لأربعة مكررات

معاملات التجربة: بعد مرور شهر من زراعة الشتلات في الأصص وفترة التأقلم، تم تقوية الشتلات بإضافة سماد مركب N:P:K (28:28:0)بتركيز 3 جم/لتر لتعويض العناصر الغذائية المحدودة في وسط النمو وضمان توحيد الظروف الغذائية بين جميع المعاملات.

بعد أسبوعين من إضافة السماد، بدأت معاملات الري بمياه مختلفة الملوحة. والتي تم تحضيرها عن طريق إذابة أوزان محددة من كلوريد الصوديوم (NaCl) في ماء الحنفية (مياه الآبار)، والتي استخدمت كمعاملة شاهد بعد قياس ملوحتها. وتمت معايرة المياه باستخدام مقياس التوصيل الكهربائي (EC-Meter) لضمان دقة المستويات المستهدفة، كما هو موضح في الجدول (2).

الجدول (2): مستويات ملوحة مياه الري المستخدمة في التجربة

مستويات الملوحة(ديسي سيمينز.م$^{-1}$)	تركيز كلوريد الصوديوم جم/ لتر	التصنيف
0.75	0	منخفض (ماء عادي)
2.99	1.5	متوسط
5.3	3	مرتفع
7.5	4.5	مرتفع جداً

تصميم التجربة وتطبيق المعاملات: نُفِّذت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (RCBD)، حيث وُزِّعت المعاملات عشوائيًا بواقع أربعة مستويات من الملوحة وأربعة مكررات، واحتوى كل مكرر على شتلتين، ليبلغ العدد الكلي للوحدات التجريبية 32 وحدة تجريبية. تم الري باستخدام المحاليل الملحية تبعًا للاحتياج المائي للنبات، مع الحفاظ على رطوبة التربة عند مستوى قريب من السعة الحقلية من خلال التحكم بكميات الري وإضافة محلول الري تدريجيًا حتى تشبع التربة دون حدوث تسريب عميق، حيث كان يتم إيقاف الري عند بداية ظهور الرشح من أسفل الأصص، وذلك للحد من فقدان المياه وتراكم الأملاح في منطقة الجذور. وقبل تطبيق المعاملات، جرى ري الشتلات قبل يومين لضمان وصول التربة إلى السعة الحقلية. كما أُجريت عمليات الخدمة الزراعية اللازمة، من تعشيب ومكافحة الآفات، عند الحاجة طوال مدة التجربة.

القياسات المسجلة: تم قياس صفات النمو على مرحلتين المرحلة الاولى: بداية التجربة بعد نقل الشتلات إلى الاصص وقبل البدء بإجراء المعاملات لقياس طول الشتلات (سم)، قطر الساق (ملم)، عدد الأوراق (ورقة/ شتله) والمرحلة الثاني: تم إجراء نفس القياسات السابقة للمعاملات في نهاية التجربة بالإضافة الى المساحة الورقية سم2، عدد الافرع/ شتله، وطول الافرع/ شتله (سم)، حسب طريقة هذال (2018). حيث تم إجراء القياسات على شتله من كل وحدة تجريبية.

1. متوسط التغير في طول الساق الرئيسي (سم): جرى قياس طول الساق الرئيس بواسطة شريط القياس من سطح التربة حتى القمة النامية، في بداية التجربة ونهايتها والفرق بين القراءتين يمثل متوسط التغير.
2. متوسط التغير في قطر الساق الرئيسي (ملم): جرى قياس القطر عند منتصف الساق باستخدام الأدمة(Vernier Caliper) ، في بداية التجربة ونهايتها والفرق بين القراءتين يمثل متوسط التغير.
3. متوسط عدد الأفرع (فرع/شتلة): عدت جميع الأفرع الجديدة النامية.
4. متوسط طول الأفرع (سم): قيست أطوال جميع الأفرع و حسب متوسطها.
5. متوسط التغير في عدد الأوراق (ورقة/ نبات): عدت جميع الأوراق الكاملة، في بداية التجربة ونهايتها والفرق بين القراءتين يمثل متوسط التغير.
6. متوسط المساحة الورقية (سم^2): حسبت للمساحة لخمس أوراق كاملة من كل شتلة باستخدام المعادلة: المساحة الورقية = (0.70 × (الطول × العرض)) − 1.06 (El-Hoseiny *et al.*, 2020).

التحليل الإحصائي: حللت البيانات باستخدام تحليل التباين الأحادي (One-way ANOVA) عبر برنامج الإحصائي (SAS الإصدار 9). في حال وجود فروق معنوية، قورنت متوسطات المعاملات باستخدام اختبار دنكن عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$).

النتائج:

أظهرت النتائج أن نبات المانجو صنف تيمور يستجيب بدرجات متفاوتة لزيادة ملوحة ماء الري كما هو موضح في (الجدول 3) طول الساق: لم يتأثر طول الساق معنويًا عند المستويات المنخفضة والمتوسطة من الملوحة (0.75–5.3 ديسي سيمنز.م$^{-1}$)، بينما سجل انخفاضًا حادًا ومعنويًا عند أعلى مستوى (7.5 ديسي سيمنز.م$^{-1}$) ليصل إلى 5.45 سم.

قطر الساق: أظهر نمط استجابة غير خطي، حيث بلغ أعلى قيمة له (0.20 سم) عند مستوى الملوحة المتوسط (2.99 ديسي سيمنز.م$^{-1}$)، ثم انخفض إلى 0.10 سم عند مستوى 5.3 ديسي سيمنز.م$^{-1}$.

الصفات التفرعية: لم تُسجل فروق معنوية في عدد الأفرع أو طولها عبر مستويات الملوحة المختلفة.

صفات الأوراق: حافظ النبات على عدد الأوراق دون تغير معنوي، بينما انخفضت المساحة الورقية انخفاضًا معنويًا وتدريجيًا مع زيادة تركيز الملوحة.

الجدول (3): تأثير مستويات ملوحة ماء الري على الصفات الخضرية لشتلات المانجو صنف تيمور (متوسط القيم النهائية)

مستويات الملوحة دسي سيمينز.م$^{-1}$	متوسط التغير في طول الساق (سم)	متوسط التغير في قطر الساق (ملم)	متوسط عدد الأفرع(فرع/شتلة)	متوسط طول الفرع (سم)	متوسط التغير في عدد الأوراق (ورقة/شتله)	متوسط المساحة الورقية (سم^2)
0.75	11.40 ^{a}	0.17 ^{ab}	2.1 ^{a}	6.21 ^{a}	8.75 ^{a}	**32.7 9^{a}**
2.99	12.33 ^{a}	0.20 ^{a}	1.8 ^{a}	6.83 ^{a}	9.25 ^{a}	**27.1 1^{b}**
5.3	11.48 ^{a}	0.10 ^{b}	1.2 ^{a}	4.69 ^{a}	6.25 ^{a}	**21.71 ^{c}**
7.5	5.45 ^{b}	0.13 ^{ab}	1.1 ^{a}	3.8 7^{a}	7.75 ^{a}	**21.3 4^{c}**

*الحروف الانجليزية في العمود الواحد تشير إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات حسب اختبار دانكن عند مستوى ($p \leq 0.05$).

المناقشة:

تشير النتائج إلى أن صنف تيمور يمتلك آليات تكيف مورفولوجية مرنة تمكنه من تحمل مستويات متوسطة من الملوحة (حتى حوالي 5 ديسي سيمنز.م$^{-1}$).

تأثير الملوحة على طول الساق: الانخفاض الحاد في الطول عند مستوى الملوحة العالي (7.5 ديسي سيمنز.م$^{-1}$) يعكس اضطراب التوازن الأسموزي الناتج عن تراكم الأيونات الضارة في منطقة الجذور، مما يعيق امتصاص الماء والعناصر الغذائية ويؤثر على استطالة وانقسام الخلايا (Hassan, 2024). يتوافق هذا مع النموذج الفسيولوجي الكلاسيكي لتأثير الملوحة على مرحلتين: أسموزية سريعة وأيونية أبطأ تؤثر على الأيض الخلوي (Munns and Tester, 2008) .

قطر الساق: الاستجابة غير الخطية عند الملوحة المتوسطة تشير إلى تفعيل آليات تعويضية مؤقتة، مثل تراكم المواد الذائبة (الأحماض الأمينية والبرولين) داخل الخلايا للمساعدة في الحفاظ على التوازن الأسموزي وزيادة سماكة جدران الخلايا مؤقتًا (Parida and Das, 2005). الانخفاض عند الملوحة الأعلى يعكس إجهادًا خلويًا شديدًا يثبط نمو الأنسجة. (Al Otaibi et al., 2024)

الصفات التفرعية والورقية: ثبات عدد الأفرع والأوراق يدل على استراتيجية النبات للحفاظ على الهيكل الأساسي، في حين أن الانخفاض التدريجي في المساحة الورقية يعكس توجيه الموارد نحو الحفاظ على الماء وتقليل الفقد عبر النتح مع المحافظة على وحدات التمثيل الضوئي (Chaves et al., 2009)/(Jameel et al., 2024).

بشكل عام، توضح هذه النتائج أن صنف تيمور يحافظ على الهيكل الحيوي الأساسي مع تقليل الصفات التوسعية عند الإجهاد الملحي، مما يعكس استجابة تكيفية مرنة للملوحة المتوسطة.

الاستنتاجات:

1. يمتلك نبات المانجو صنف تيمور قدرة تحمل متوسطة للإجهاد الملحي، مع وجود عتبة حرجة للتثبيط الواضح للنمو عند <7 ديسي سيمنز.م$^{-1}$.
2. تحافظ الآليات التكيفية على الصفات الهيكلية الأساسية (عدد الأفرع وعدد الأوراق) بينما تقلل الصفات التوسعية (طول الساق والمساحة الورقية) كاستراتيجية للحفاظ على الماء.
3. الاستجابة غير الخطية في قطر الساق عند الملوحة المتوسطة تعكس آليات فسيولوجية تعويضية مؤقتة قد تنهار عند زيادة شدة الإجهاد.

التوصيات:

1. يُنصح بزراعة شتلات المانجو صنف تيمور في مناطق ذات ملوحة مياه ري ≥ 5 ديسي سيمنز/م.
2. تجنب استخدام مياه ري تزيد ملوحتها عن 7 ديسي سيمنز/م لتفادي تثبيط النمو الخضري.
3. إجراء دراسات مستقبلية لتقييم تأثير الملوحة على مراحل النمو المتقدمة وفهم آليات التكيف الفسيولوجية.

المراجع:

المنظمة العربية للتنمية الزراعية. (2022). الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية – المجلد 43. جامعة الدول العربية. متاح على الانترنت: https://www.aoad.org/ASSY43/statbook43Cont.htm

هذال، نسرين محمد. (2018). تأثير الرش بالهيوميك أسيد في تحمل بعض أصول الحمضيات لملوحة ماء الري. رسالة ماجستير، جامعة البصرة، العراق. متاح على الانترنت: https://www.researchgate.net/publication/326632361

Al Otaibi, F. A., Alghamdi, S. A., & Abo-Elyousr, K. A. M. (2024). The influence of salinity on plant growth and amendment strategies. Sohag Journal of Sciences, 9(3), 261-267.

Chavarria, G., & Santos, H. P. (2012). Plant Water Relations: Absorption, Transport and Control Mechanisms. InTechOpen, 5, 105–132. .

Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103(4), 551-560.

El- Hoseiny, H. M.; Helaly, M.N.; Elsheery, N. I.; and Alam-Eldein, S.M. (2020). Humic asid and Boron to Minimize the Incidence of Alternate Bearing and Improve the Productivity and Fruit Quality of Mango Trees. HORTSCIENCE 55(7):1026–1037. 2020. https://doi.org/10.21273/HORTSCI15053-20

Grieve, C. M., Grattan, S.R., & Maas, E.V. (2012). Plant Salt Tolerance. In ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 71: Agricultural Salinity Assessment and Management,

2nd ed.; Wallender, W.W., Tanji, K.K., Eds.; American Society of Civil Engineers (ASCE) library: Reston, VA, USA,; Chapter 13, pp. 405–459.

Hassan, N. E. (2024). Salinity stress in plants: Growth, photosynthesis and adaptation review. GSC Advanced Research and Reviews, 20(2), 231-243.

Isayenkov, S. V., and Maathuis, F. J. M. (2019). Plant salinity stress: many unanswered questions remain. Frontiers in Plant Science, 10, 80. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080

Jameel, J., Anwar, T., Majeed, S., et al. (2024). Effect of salinity on growth and biochemical responses of brinjal varieties: implications for salt tolerance. BMC Plant Biology, 24, 128.

Munns, R., and Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Negrão, S., Schmöckel, S. M., & Tester, M. (2017). Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. Annals of Botany, 119(1), 1–11 https://doi.org/10.1093/aob/mcw191

Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3), 324-349. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010

Samson, J. A. (1991). Tropical Fruits (2nd ed.). Longman Scientific & Technical.

UNCTAD. (2016). Mango: An INFOCOMM Commodity Profile. United Nations Conference on Trade and Development.

Yamaguchi, T., & Blumwald, E. (2005). Developing Salt-Tolerant Crop Plants: Challenges and Opportunities. Trends in Plant Science, 10(12), 615-620.

Zhu, J. K., & Gong, Z. (2014). Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. Cell, 157(2), 267-268.

Effect of Irrigation with Different Salinity Levels on the Vegetative Growth of Mango Seedlings (Mangifera indica L.) cv. "Timor" in Ibb Governorate, Yemen

Amal Abdulhakeem Ahmed* [1], Abdulraqeeb Ali[1] and Najeeb Mohamed[2]

[1] Department of Horticulture and its Techniques, Faculty of Agriculture, Food and Environment, Sana'a University, Sana'a, Yemen.

[2]Department of Soil, Water, and Environment, Faculty of Agriculture, Food and Environment, Sana'a University, Sana'a, Yemen.

(*Corresponding author: Amal Abdulhakeem Ahmed . E-Mail: alshadadi99@gmail.com).

Received: 23/ 09/ 2025 **Accepted:** 15/ 01/ 2026

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of different irrigation water salinity levels (0.75 (control), 2.99, 5.3, 7.5 dS•m^{-1}) on the vegetative growth of mango seedlings (Mangifera indica L.) cv. "Timor" for 90 days. The experiment was carried out under plastic tunnel conditions in Ibb Governorate, Yemen, using a randomized complete block design (RCBD) with four replicates. Results showed significant differences ($p < 0.05$) among salinity levels in the studied traits (stem length, number of leaves, and leaf area). Irrigation with 2.99 dS•m^{-1} resulted in the highest increase in stem length (32.5%), whereas the control treatment (0.75 dS•m^{-1}) recorded the highest mean values for number of leaves (9.8 leaves/seedling) and leaf area (32.79 cm^2). High salinity levels (≥ 5.3 dS•m^{-1}) significantly reduced all measured vegetative growth traits. Overall, the seedlings showed tolerance at low and moderate salinity levels, while higher concentrations negatively affected growth.

Keywords: Salinity, Mango Seedlings, Vegetative Growth, Irrigation Water, cv. Timor.